

Projektovanje univerzalne razvojne ploče za merenje i regulaciju

Ninoslav Srdić, Marjan Urekar, Dragan Pejić, Platon Sovilj

Apstrakt—Ovaj rad opisuje projektovanje univerzalne razvojne ploče za merenje fizičkih veličina i regulaciju, na bazi AVR atmega32u4 mikrokontrolera. Prikazana je blok šema uređaja, šematici pojedinačnih blokova i navedeni su primeri primene ove razvojne ploče.

Cljučne reči: univerzalna razvojna ploča; mikrokontroler; industrijski senzori

I. UVOD

Prilikom razvoja novog proizvoda, dok još ideja i tehničko rešenje nisu sasvim formirani i da bi nam početak razvoja bio lakši i ekonomski efikasniji, potreban nam je hardverski razvojni alat. Iako nije neuobičajeno da pravimo revizije hardvera, uvek je bolje da prvo svoju ideju proverimo na postojećoj platformi, odnosno na takozvanoj univerzalnoj razvojnoj ploči.

Ovaj rad ukratko objašnjava projektovanje univerzalne razvojne ploče za potrebe laboratorijskih vežbi na fakultetu kao i za prototipovanje proizvoda. Na tržištu već postoji mnoštvo ovakvog hardvera sa različitim kontrolerima, periferijama, različitim dimenzijama i cena. Prednost ove ploče jeste što nudi dosta periferija u odnosu na druge ploče sa ATmega32u4 kontrolerom i to u kompaktnom formatu.

Ova razvojna ploča omogućava korisnicima da koriste različite industrijske senzore sa logičkim izlazom, termopar K tipa za merenje temperature, ulazima na koja se mogu dodati spoljašnji razdelnici napona za različita analogna merenja i da se sve to može programirati u Arduino okruženju ili pristupiti i programirati iz Labview-a, tj. okruženja koja su studentima već poznata.

Ideja je da se od jedne kompaktne ploče mogu razviti uređaji za različite primene (npr. temperaturni regulator, merenja nekih fizičkih veličina, prenos izmerenih vrednosti preko serijske komunikacije RS485 i prikaz tih podataka na Labview SCADA sistemu) i da se ovaj sklop može primeniti za vežbe iz različitih predmeta na fakultetu, a da nije neophodno dodatno napajanje osim konekcije sa računarnom.

Marjan Urekar – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: urekarm@uns.ac.rs).

Platon Sovilj – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: platon@uns.ac.rs).

Dragan Pejić – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: pejicdra@uns.ac.rs).

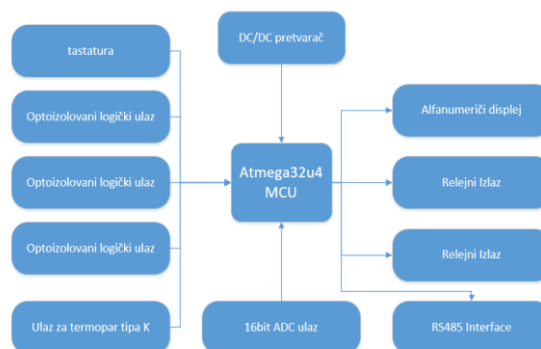
Ninoslav Srdić – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: ninosrdicd@gmail.com)

Primena ove razvojne ploče su predmeti koji se bave merenjem, embedded programiranjem i Labview okruženjem ili kao platforma za razvoj softvera za *embedded* aplikacije.

II. DIZAJN SKLOPA

Postavljen je zahtev da se napravi razvojna ploča koja će moći da se koristi sa industrijskim sensorima sa tranzistorskim izlazima, odnosno sa sensorima koji na svom izlazu daju logičku vrednost, kao i sensorima za merenje analognih vrednosti i jedan ulaz za merenje temperature termoparom tipa K. Za izvršavanje komande razvojna ploča ima dva relejna izlaza, a za prikazivanje merenih vrednosti alfanumerički displej kao i mogućnost slanja podataka serijskom komunikacijom. Takođe na ploči imamo četiri tastera. Još jedan od zahteva je da se ploča napaja sa 5 V a za potrebe napajanja industrijskih senzora potreban je napon od 24 Vdc, pa je napravljen *Step-up* pretvarač (*converter*).

Prvi korak prilikom dizajna celog sklopa je bio da se napravi blok dijagram, gde su objedinjeni svi zahtevi pa su na osnovu toga izabrane komponente.



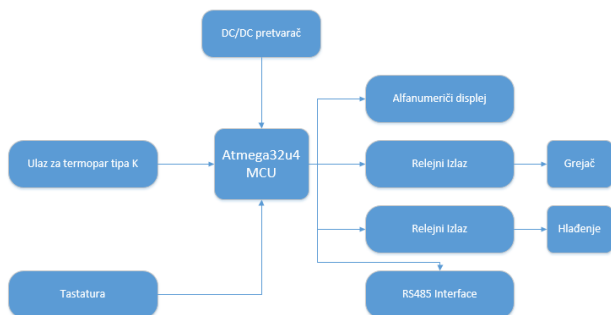
Sl. 1. Blok šema celog sklopa

Kao što se na blok šemi može videti razvojna ploča se sastoji od:

- Tri optoizolovana logička ulaza za industrijske senzore
- AD konvertor sa dva ulaza za analogna merenja
- Ulaz za termopar sa pretvaračem koji vrši kompenzaciju hladnog kraja, kao i linearizaciju karakteristike termopara i AD konverziju
- DC/DC boost pretvarač sa 5 V na 24 V
- Dva relejna izlaza
- Alfanumerički displej
- RS485 interface
- Četiri programabilna tastera

Primeri primena:

A. Temperaturni regulator



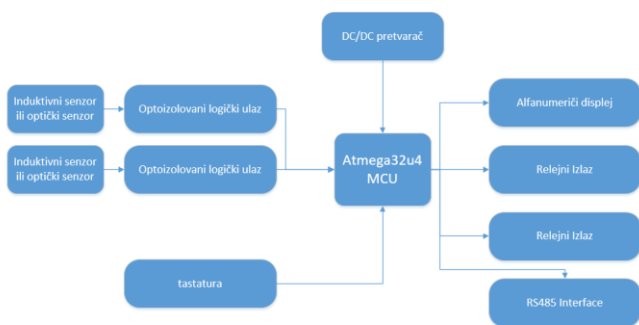
Sl. 2. Blok šema temperaturnog regulatora

Na slici 2. je prikazana blok šema temperaturnog regulatora koji se može napraviti uz korišćenje ove razvojne ploče. Na ulazu razvojne ploče možemo povezati termopar tipa K. Na relejne izlaze možemo povezati grejač i sistem za hlađenje.

Alfanumerički displej nam pruža mogućnost prikaza temperature i zadatih parametara. Tasterima dobijamo mogućnost promene parametara odnosno zadavanje graničnih vrednosti temperature. Na računaru možemo grafički predstaviti vrednosti promene temperature po vremenu, slanjem podataka preko RS485 komunikacije.

Ovakav sistem bi imao primenu za održavanje temperature alata prilikom brizganja plastike.

B. Brojač komada

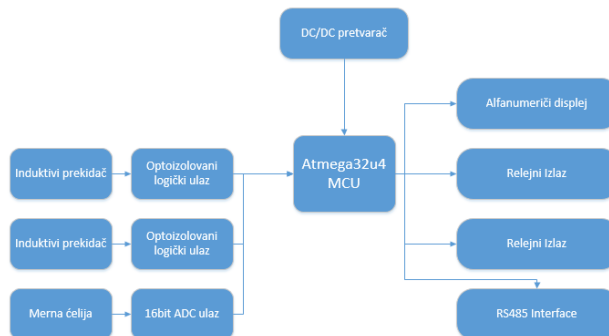


Sl. 3. Blok šema brojača komada

Na slici 3. se može videti drugi primer primene (brojač komada). Induktivnim senzorima ili optičkim prekidačima na ulazu detektujemo prolazak komada ili neke referentne tačke za brojanje (npr. istureni vijak na osovini). U zavisnosti od redosleda okidanja senzora možemo da uvećavamo ili smanjujemo izbrojane vrednosti i to da predstavimo na displeju. Relejne izlaze možemo koristiti za uključivanje ili

isključivanje pogona nakon postizanja zadatih vrednosti.

C. Vaga za doziranje



Sl. 4. Blok šema vage za doziranje

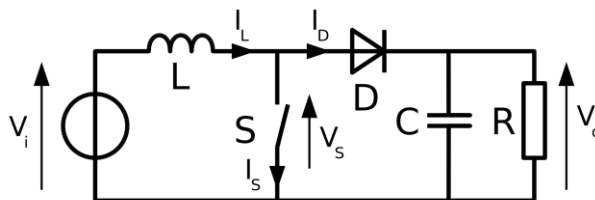
Još jedna primena razvojne ploče jeste razvoj softvera za vagu za doziranje praškastih ili zrnastih proizvoda (Sl. 4.). Na ulazu AD konvertora imamo mernu ćeliju pomoću koje merimo masu, a relejne izlaze možemo iskoristiti za grubo i fino doziranje, tj. za otvaranje veće i manje klapne na košu vage. Induktivni prekidači nam služe za detektovanje položaja klapne. Na alfanumeričkom displeju prikazujemo izmerenu i zadatu vrednost i grešku doziranja.

III. TEHNIČKO OBJAŠNENJE

Jedan od bitnih zahteva projekta, jeste mogućnost da se mikrokontroler može programirati preko Arduino okruženja, pa je na osnovu toga izabran kontroler iz AVR familije. Za ostale komponente napravljena je excel tabela sa nekim od ključnih parametara, kao i cene komponenti. Potom je sagledano koje komponente su optimalne u odnosu na cenu i karakteristike.

Nakon odabira ključnih komponenti i njihove dokumentacije sledi crtanje električne šeme, gde je korišten alat po imenu Altium Designer.

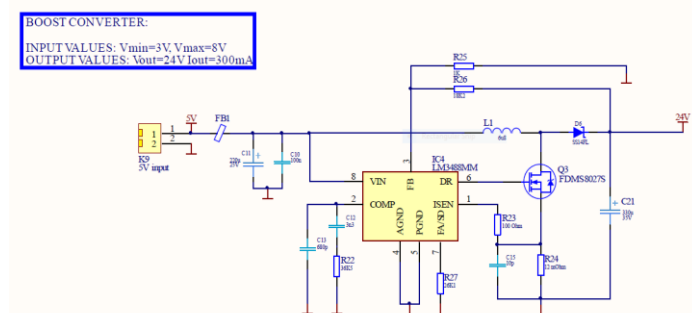
Za projektovanje DC/DC pretvarača korišten je alat Texas Instruments Power Designer, gde se definišu potrebni parametri i topologija pretvarača, a alat potom sam izračuna vrednosti komponenti.



Sl. 5. Blok šema Boost pretvarača

Na slici 5. prikazan je primer pretvarača, podizачa napona (*Boost converter*).

U ovoj topologiji pretvarača, za prebacivanje energije iz jednosmernog izvora nižeg napona ka opterećenju na kome je viši napon, koristi se magnetna energija kalema. Kada je prekidač zatvoren, struja izvora protiče kroz kalem L i prekidač S . Tada kalem skladišti energiju u svom magnetnom polju. Otvaranjem prekidača, struja kalema, koja je jednaka struji izvora počinje da pada. Pošto se kalem suprotstavlja promeni struje, dolazi do porasta napona u kalemu. Upravo ovaj efekat se koristi za podizanje napona u *boost* pretvaraču.

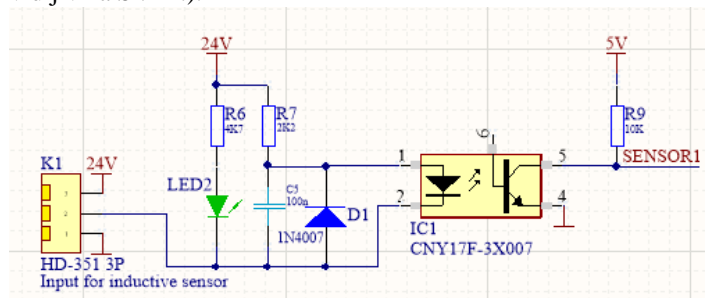


Sl. 6. Šema Boost pretvarača

Optički izolovan logički ulaz na slici 7. namenjen je za priključivanje industrijskih senzora sa logičkim izlazom. Optokapleri se koriste radi galvanskog odvajanja dva dela kola, tj. kao dodatan vid zaštite.

Pošto je za napajanje industrijskih senzora uglavnom potreban napon od 24 V, na ovaj ulaz je doveden napon sa *step-up (boost)* pretvarača.

Ukoliko želimo da imamo galvanski odvojen ulaz, ne smemo koristiti napajanje USB porta, nego koristimo posebno napajanje od 5 V (prethodno se mora skinuti *jumper* H2 vidljiv na Sl. 11.).



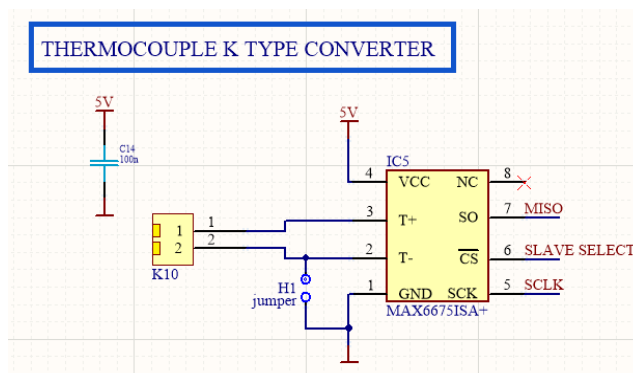
Sl. 7. Optički izolovan ulaz

Ulaz za termopar (Sl. 8.) je omogućen uz pomoću MAX6675 pretvarača. Termopar tipa K nije linearan, pa je pored pojačavanja ulaznog signala potrebno i linearizovati isti. Ovaj pretvarač u sebi ima kompenzaciju hladnog kraja u opsegu od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, linearizaciju signala i 12-bitni AD konvertor. MAX6675 omogućava veoma jednostavno merenje temperature termoparom tipa K, pošto na SPI izlazu dobijamo tačno izmerenu vrednost temperature.

Rezolucija ovog pretvarača je $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}$ i može se koristiti za merenja temperature do $+1024\text{ }^{\circ}\text{C}$.

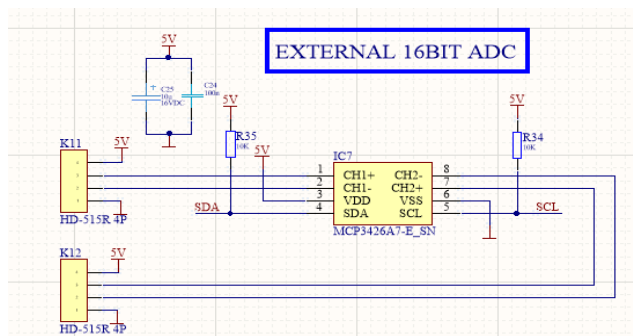
U ovom projektu koristimo napajanje od 5 V.

Podatke mikrokontroleru šaljemo pomoću SPI komunikacije.



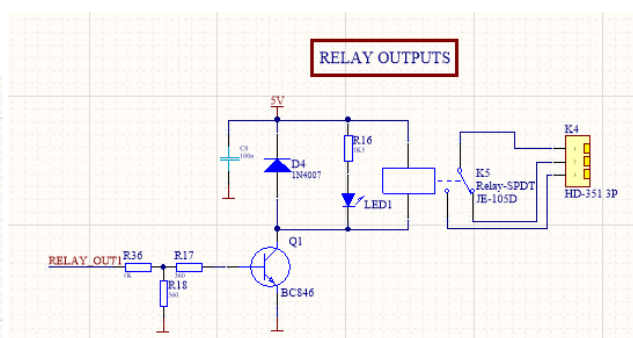
Sl. 8. Ulaz za termopar

Sklopu je dodat i 16-bitni eksterni ADC (Sl. 9.) jer je ADC u mikrokontroleru 12-bitne rezolucije. Ovaj AD konvertor ima dva kanala, a sa mikrokontrolerom komunicira preko I2C-a.



Sl. 9. ADC ulaz

Na slici 10. se može videti primer relejnog izlaza, preko koga se može povezati neki izvršni element veće snage.

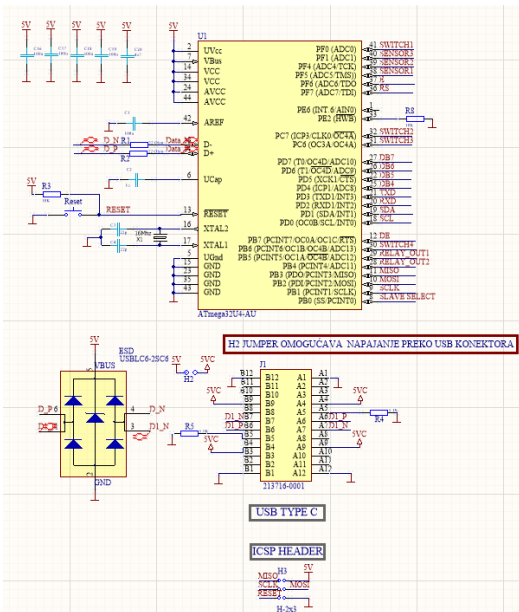


Sl. 10. Relejni izlaz

Na slici 11. se može videti 8-bitni, RISC mikrokontroler, Atmega32u4 sa malom potrošnjom struje, eksterni kristal od 16 MHz, ESD zaštita u vidu kola USBL6 i USB type-C konektor.

Napajanje mikrokontrolera je od 2.7 V - 5.5 V.

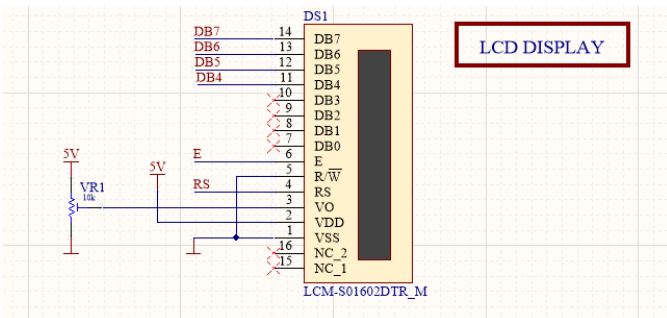
Odlučili smo se za ovaj mikrokontroler jer je on odlična platforma za studente, hobiste i brzo prototipovanje zbog postojanja mnoštva *open-source* primera programa i kompatibilan je sa Arduino okruženjem. Još jedna prednost ovog mikrokontrolera jeste što se može programirati preko Usb priključka.



Sl. 11. Mikrokontroler

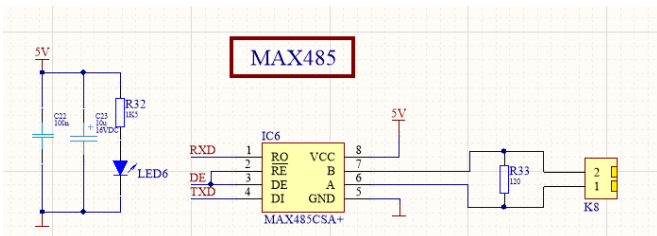
Slika 12. pokazuje alfanumerički displej 2x16 karaktera. Komunikacija mikrokontrolera sa displejom je omogućena u 4-bit modu, kako bi smanjili broj potrebnih pinova na mikrokontroleru.

Da bi prikazali karakter na displeju u 4-bit modu, potrebna su dva ciklusa, tj. prvo se šalju viša 4 bita a potom preostala niža 4 bita.



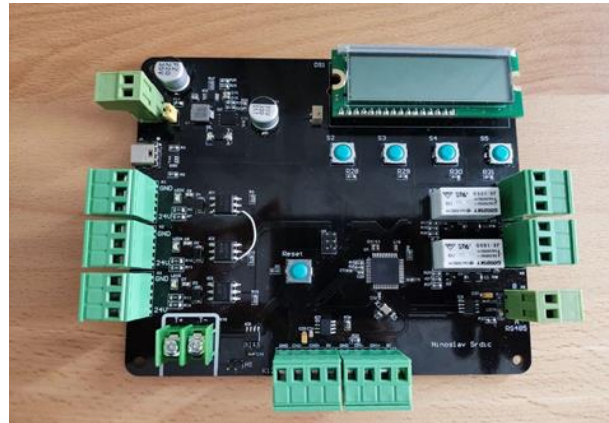
Sl. 12. Displej

Na slici 13. se može videti deo šeme za RS485 komunikaciju. Projekat je osmišljen tako da se merene vrednosti mogu prikazati na displeju na ploči, ali takođe da se razvojna ploča može povezati sa računarom i da se preko RS485 komunikacije pošalju podaci na SCADA sistem.



Sl. 13. RS485 komunikacija

Na sledećoj slici se može videti gotova razvojna ploča.



Sl. 14. Gotov sklop

U ovom projektu korištena je četvoroslojna štampa zbog boljih EMC karakteristika ("Elektromagnetna usaglašenost"). Svi električni uređaji utiču jedni na druge kada su ili međusobno povezani ili postavljeni u blizini. Zahtevi EMC-a su tako koncipirani da se ova sporedna dejstva svedu na minimum.

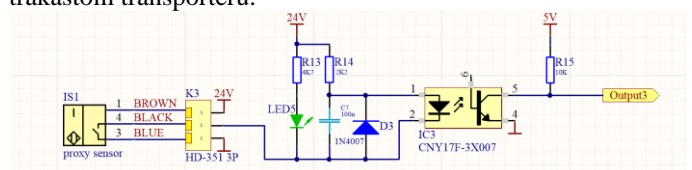
IV. PRIMER VEŽBE

Cilj prve vežbe jeste da se napravi prosto *flip-flop* prekidačko kolo.

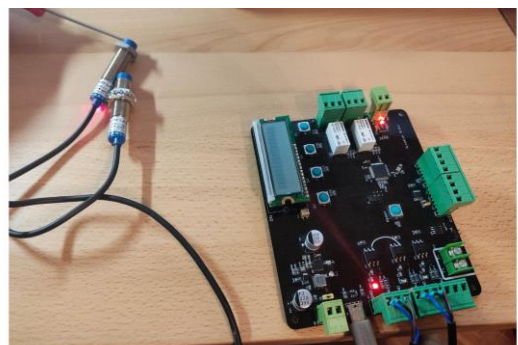
Na optički izolovane ulaze povezali smo dva induktivna senzora sa NPN tranzistorskim izlazom. U svrhe ove vežbe nisu nam neophodni galvanski odvojeni ulazi, pa ceo sklop napajamo preko USB priključka.

Program za razvojnu ploču je napisan u *Microchip Studio* okruženju tako da jedan induktivni senzor uključuje oba relejna izlaza, jedan u momentu detektovanja a drugi sa zakašnjenjem. Drugi induktivni senzor isključuje oba relejna izlaza, jedan u momentu detektovanja a drugi sa zakašnjenjem.

Vežba je namenjena za kontrolu elektromotora na trakastom transporteru.



Sl. 15. Šema povezivanja senzora



Sl. 16. Primer vežbe

V. ZAKLJUČAK

Nakon sklapanja i testiranja uređaja došli smo do zaključka da je projekat opravdao očekivanja i da se uspešno može primeniti za razvoj različitih merno-regulacionih uređaja. U sledećoj iteraciji bi se mogao dodati drajver za koračni motor, DA konvertor, sat realnog vremena i da se na optoizolovanom ulazu mogu dodati kratkospojnici za izbor senzora sa tranzistorskim NPN ili PNP izlazom.

Prednost ovakve razvojne ploče jeste jednostavnost priključivanja periferija i relativno jednostavno programiranje.

Mana ove ploče je što nema mogućnost daljeg proširenja periferija.

Zahvalnica

Ovaj rad je podržan od strane Fakulteta tehnickih nauka u Novom Sadu, Departmana za energetiku, elektroniku i telekomunikacije, u okviru realizacije projekta MPNTR 200156 : "Inovativna naucna i umetnicka isptivanja iz domena delatnosti FTN-a".

Literatura

- [1] Carl Nelson & Jim Williams, "Boost Converter Operation",LT1070 Design Manual,
- [2] EGProjects, "Lcd in 4 bit mode and 8 bit mode"
- [3] Warwick A. Smith, "C programiranje za Arduino", 2016.
- [4] Paul Horwitz & Winfield Hill, "The Art of Electronics", 2003.
- [5] Fang Lin Luo & Hong Ye, "Advanced DC/DC Converters", 2004.
- [6] Ian R. Sunclair, "Sensors and Transducers", 2001.

ABSTRACT

This paper explains the design and making of a universal development board for measurements and regulation, based on the ATmega32u4 microcontroller. Block diagrams are also shown, as well as schematics of these block and even examples of how this board could be used in practice.

Designing a universal development board for industrial sensors

Ninoslav Srđić, Marjan Urekar, Dragan Pejić, Platon Sovilj